

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Montovaná železobetonová konstrukce rodinného domu

Prefabricated reinforced concrete structure of family house

Student:

Patrik Čaja

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martina Šmiřáková, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Patrik Čaja**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3607R037 Konstrukce staveb

Téma: **Montovaná železobetonová konstrukce rodinného domu**
Prefabricated reinforced concrete structure of family house

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci této práce bude zpracován statický výpočet montované železobetonové konstrukce vícegeneračního rodinného domu. Součástí statického posouzení bude pravděpodobnostní výpočet únosnosti stropního panelu. Práce bude obsahovat klasické stavební výkresy (zejména půdorysy, řez) a také budou zpracovány výkresy tvaru a vybrané výkresy výztuže včetně detailů.

Seznam doporučené odborné literatury:


ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2006.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

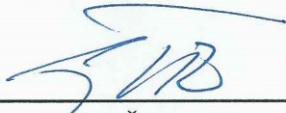
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martina Šmíráková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 02.05.2017



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Anotace

ČAJA, Patrik. *Montovaná železobetonová konstrukce rodinného domu*. Ostrava, 2017. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava.

Cílem této bakalářské práce je statické řešení železobetonové prefabrikované konstrukce rodinného domu. Práce se především zaměřuje na statický výpočet s výpočtem zatížení a návrh vybraných železobetonových prvků. Dále obsahuje pravděpodobnostní výpočet stropní konstrukce a porovnání s výpočtem podle metody mezní rovnováhy. Příloha obsahuje výkresovou část, ve které jsou zpracovány stavební výkresy rodinného domu a výkresy výztuže a tvaru vybraných prvků.

Klíčová slova

Prefabrikovaná konstrukce, železobeton, stropní deska, mezní stav únosnosti.

Abstract

ČAJA, Patrik. *Prefabricated reinforced concrete structure of family house*. Ostrava, 2017. Bachelor thesis. VŠB – Technical University of Ostrava.

The aim of this bachelor thesis is the static report of prefabricated reinforced concrete structure of family house. The work is focused mainly on static calculation with load calculation and design of selected reinforced concrete elements. It also contains a probabilistic calculation of the ceiling structure and comparison with the calculation of the deterministic method. The annex contains a drawing part in which the building drawings of the family house and the drawings of the reinforcement and the shape of the selected elements are processed.

Key words

Prefabricated construction, reinforced concrete, ceiling board, ultimate limit state

OBSAH

1	Úvod	9
2	Technická zpráva.....	9
2.1	Popis objektu	9
2.2	Nosná konstrukce	9
2.3	Založení objektu	10
2.4	Střecha	10
3	Montované konstrukce	11
3.1	Konstrukční systémy patrových budov	12
3.1.1	Montované panelové konstrukce.....	14
4	Statické výpočty	16
4.1	Výpočet zatížení	16
4.1.1	Zatížení stálá	16
4.1.2	Užitná zatížení.....	19
4.1.3	Zatížení sněhem.....	19
4.1.4	Zatížení větrem.....	20
4.2	Výstupy z MKP softwaru	25
4.2.1	Vnitřní síly na stropu.....	25
4.2.2	Vnitřní síly na schodišti.....	26
4.3	Návrh a posouzení vybraných prvků	27
4.3.1	Krytí výztuže	28
4.3.2	1. Montážní stav filigránové desky	28
4.3.3	2. Montážní stav filigránové desky	30
4.3.4	Finální stav filigránové desky	30
4.3.5	Konstrukční zásady desky	32
4.3.6	Schodiště	35

4.3.7	Konstrukční zásady schodiště	40
4.3.8	Pravděpodobnostní posouzení stropního panelu	43
5	Závěr.....	49
6	Seznam obrázků	51
7	Seznam tabulek	52
8	Použitá literatura	52
9	Použité výpočtové a grafické programy	53
10	Seznam příloh.....	53

Seznam použitého značení

A_c	průřezová plocha betonu	[mm ²]
A_s	plocha výztuže	[mm ²]
A_{sw}	plocha výztuže třmínku	[mm ²]
F_s	síla ve výztuži	[kN]
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu	[kNm]
M_{Rd}	návrhová hodnota momentu únosnosti	[kNm]
V_{ed}	návrhová posouvající síla	[kN]
$V_{Rd,c}$	návrhová únosnost ve smyku prvku bez smykové výztuže	[kN]
$V_{Rd,s}$	posouvající síla, kterou přeneseme smyková výztuž na mezi kluzu	[kN]
b	šířka	[m]
c_{dev}	toleranční zvětšení krytí	[mm]
c_{min}	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti	[mm]
c_{nom}	jmenovitá hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy	[mm]
$c_{min,dur}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí	[mm]
d	účinná výška průřezu	[mm]

d_g	maximální průměr zrn kameniva	[mm]
f_{bd}	návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti	[MPa]
f_{cd}	návrhová válcová pevnost betonu v tlaku	[MPa]
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku	[MPa]
$f_{ctk0,05}$	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu – 5% kvantil	[MPa]
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu	[MPa]
f_{ctm}	pevnost betonu v tahu	[MPa]
f_{yd}	návrhová hodnota meze kluzu oceli	[MPa]
f_{yk}	charakteristická hodnota meze kluzu oceli	[MPa]
f_{ywd}	návrhová hodnota meze kluzu třmínkové výztuže	[MPa]
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení	[kN/m ²]
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka	[mm]
q_k	charakteristická hodnota užitého zatížení	[kN/m ²]
x	výška tlačené oblasti	[m]
z	rameno vnitřních sil	[m]
α_{ct}	součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tlaku a nepříznivé účinky vyplývající ze způsobu zatěžování	[-]
γ_c	součinitel spolehlivosti betonu	[-]
γ_s	součinitel spolehlivosti oceli	[-]
η_1	vliv soudržnosti	[-]
η_2	vliv průměru prutu	[-]
θ	úhel tlačných diagonál	[°]
λ	součinitel definující efektivní výšku tlačené zóny	[-]
ρ	objemová hmotnost	[kg/m ³]

Další značky jsou definovány při prvním výskytu.

1 Úvod

Náplní této bakalářské práce je navrhnout a následně posoudit základní železobetonové prvky montovaného rodinného domu na mezní stav únosnosti dle platné evropské normy EC2 [1]. Veškeré zásady při navrhování jsou dle ČSN EN 1990 [2]. Součástí tohoto projektu je krátká technická zpráva, dále teoretický základ o montovaných konstrukcích. Následuje výpočet zatížení sněhem, větrem, stálých a užitných zatížení a posudek vybraných prvků. Součástí je také příslušná výkresová dokumentace. Především se jedná o výkresy půdorysů a řezů, výkresy tvarů a výztuže vybraných posuzovaných železobetonových prvků. Konstrukce je modelována pomocí softwaru Scia Engineer 16.1.

2 Technická zpráva

2.1 Popis objektu

Objekt byl navržen jako vícegenerační rodinný dům o dvou nadzemních podlažích a byl umístěn do města Brna. Půdorys je obdélníkového tvaru s rozměry 14 m × 8 m. Výška objektu je 6,4 m.

2.2 Nosná konstrukce

Hlavní nosnou konstrukci tvoří prefabrikované železobetonové stěny tloušťky 150 mm a stropní filigránové desky s tloušťkou 60 mm a 200 mm po dobetonávce. Pohyb ve svislém směru zajišťuje jednoramenné prefabrikované železobetonové schodiště šířky 1380 mm, tloušťky 120 mm s půdorysnou délkou 4760 mm.

2.3 Založení objektu

Základové konstrukce stavby jsou provedeny z monolitického železobetonu C25/30. Základové pásy z prostého betonu C12/15 jsou 500mm široké, 520mm vysoké a na nich je umístěna 200mm vysoká železobetonová deska vyztužená betonářskou výztuží B500B. Konstrukce spodní stavby je opatřena hydroizolací. Tepelná izolace je dovedena až ke spodnímu líci pásu.

2.4 Střecha

Střecha objektu je navržena jako plochá, jednoplášťová se svedením srážkové vody dovnitř půdorysu objektu. Nosnou konstrukci střešního pláště tvoří stropní deska nad 2.NP. Spádovou vrstvu tvoří EPS tloušťky 20 – 100mm.

3 Montované konstrukce

Rozdíl mezi monolitickou a montovanou konstrukcí je dán především způsobem vzájemného spolupůsobení jednotlivých dílů konstrukce.

Monolitické konstrukce jsou obvykle dostatečně tuhé, neboť jejich součásti jsou dokonale spojeny. Znamená to tedy, že ve srovnání s idealizací uvažovanou ve statickém výpočtu, má taková konstrukce dostatek skrytých rezerv. Tyto skryté rezervy se při změně konstrukce monolitické na montovanou z velké části ztrácejí, neboť jak prakticky, tak i ekonomicky je nemožné provádět styky jednotlivých částí konstrukce tak, aby se vyrovnaly spojům konstrukce monolitické. Proto je nezbytné rozšířit návrh montované konstrukce o návrh styků včetně odhadu míry spolupůsobení dílců stykem spojených, o statické působení jednotlivých dílců při výrobě, transportu a montáži, o chování montované konstrukce při stavbě a posléze i po jejím smontování.

Při zjišťování účinků zatížení na montovanou konstrukci se vychází z konstruktivního uspořádání styčníků, které určuje jejich tuhost. Rozeznávají se přitom čtyři druhy styků a to styky kloubové, pružné, tuhé a posuvné. Míra tuhosti styku se vztahuje k monolitickému provedení styku a srovnává se s ním.

Kloubový styk – spojení dílců, které při zatížení umožňuje jejich vzájemné pootočení bez vzniku ohybových momentů. Styk musí být uspořádán tak, aby se po odlehčení mohl vrátit do původní polohy. Kloubovým stykem je např. u bezvazníkových hal uložení střešních TT panelů na průvlak prostřednictvím maltového lože nebo pryžového ložiska. Zvláštním druhem kloubového styku je styk posuvný, kdy se dílec ukládá s možností posuvu uloženého dílce prostřednictvím válečkového nebo vhodně tvarovaného ložiska na základ nebo jiný prvek – např. v dilataci.

Pružný styk – netuhé spojení dílců, ve kterém při zatížení dochází k jejich vzájemnému pootočení v rovině ohybu o úhel, který se obvykle považuje za přímo úměrný momentu působícímu v místě připojení. Za tuhost styčnicku se pak pokládá převrácená hodnota pootočení, vyvolaná jednotkovým momentem. Jsou to např. propojení vazníku se sloupem v hlavě sloupu pomocí ocelových, ze sloupu vyčnívajících trnů, vkládaných do otvorů ve vazníku s provedením zálivky nebo podobný spoj průvlaku a střešního vazníku nad sloupem.

Tuhý styk – spojení dílců, ve kterém při zatížení nedochází k jejich vzájemnému pootočení. Jde o dokonalé spojení prvků konstrukce. Deformace styku při zatěžování jsou shodné s deformacemi při monolitickém provedení styku, např. uložení dílce v prohlubni, která je po osazení dílce zabetonována – uložení sloupu do kalichu. Tuhý styk je možné pokládat za rovnocenný styku monolitickému, jsou – li splněny podmínky:

1. Spára mezi čely dílců je vyplněna cementovou maltou nebo jemnozrnným betonem. Tloušťka spáry je co nejmenší.
2. V tažené oblasti se tažená výztuž spojí svařením, šroubováním nebo svorníky, případně se účinně zakotví v cementové nebo betonové zálivce.
3. V tlačené oblasti se tlak přenáší tlačnou výztuží, která se účinně spojí (viz bod 2). Musí být zabráněno jejímu vybočení.

3.1 Konstrukční systémy patrových budov

1. **Skeletový** – ve kterém hlavními svislými nosnými prvky jsou prefabrikované sloupy, do kterých se zatížení ze stropů vnáší průvlaky nebo přímo stropními deskami. Účinkům vodorovných zatížení vzdoruje skelet rámových působením (jsou-li vytvořeny dostatečně tuhé styčníky), případně v kombinaci se ztužujícími svislými prvky, tj. stěnami nebo jádry. U nižších objektů mohou horizontální účinky zatížení přenést do základů pouze sloupy spojené s průvlaky klouby.
2. **Panelový** – ve kterém hlavní svislé nosní části tvoří stěny sestavené z plošných prvků (stěnových panelů), do kterých se zatížení ze stropů vnáší přímo stropními deskami (panely stropní nebo střešní). Účinkům vodorovných zatížení vzdorují panelové stěny. Soustavy ze stěnových a stropních panelů tvoří velmi tuhé celky a jsou vhodné i pro mnohapatrové objekty.
3. **Kombinovaný** – systém využívající přednosti obou systémů základních, a to z hlediska jak statického působení, tak i provozních požadavků. Půdorysná dispozice je volnější (skelet se sítí sloupů) a ztužení budovy vhodně a funkčně umístěnými a orientovanými panelovými stěnami, např. pouze po obvodu půdorysu nebo v oblasti schodišť a výtahů.

Často se uplatňují montované betonové konstrukce jako části nosných konstrukcí budov v tzv. hybridních (smíšených) soustavách. V takové konstrukční soustavě se optimálně uplatňují relativně vhodnější vlastnosti jednotlivých materiálů a výrobních technologií. Jsou to např. montované betonové skelety, ve kterých jsou pro velká zatížení navrženy ocelové sloupy; montované skelety s monolitickými ztužujícími stěnami nebo

jádry; prefabrikované sloupy s monolitickými deskovými stropy (jednoduché bednění, tuhé styky); ocelové nosné konstrukce se stropy a obvodovým pláštěm z betonových prefabrikátů atd. Jde o to, aby flexibilita v kombinování různých materiálů a výrobních technologií vedla k optimálním řešením z hlediska technického, ekonomického, provozního i estetického.

K zavedení prefabrikace a uvedených montovaných systémů vedly především tyto důvody:

1. Urychlení výstavby, umožňující rychlé navrácení investovaných prostředků.
2. Omezení možných nepříznivých klimatických vlivů, působících během výstavby.
3. Montáž z prvků vyrobených v podmínkách zabezpečujících potřebnou kvalitu.
4. Úspora bednicích a odbedňovacích prací a odstranění výroby betonu, armování a betonáže na stavbě.

Nevýhodou prefabrikace je doprava a montáž často rozměrných a těžkých dílců. Náročná je problematika stykování prefabrikovaných dílců, protože styky musí po celou dobu životnosti konstrukce působit staticky jednoznačně (tuhé, pružné, kloubové, posuvné) a být proveditelné a staticky způsobilé s ohledem na výrobní a montážní tolerance dílců.

Skeletové systémy jsou vhodné především pro výstavbu objektů občanské vybavenosti (školy, nemocnice, administrativní budovy, obchodní domy) a objektů průmyslových (výrobních, skladových). Poskytují uvolněný vnitřní prostor s roztečí sloupů až 12×24 m. První realizace montovaných skeletů probíhala ve 40. letech 20. století. V současné době montované konstrukce společně s konstrukcemi kombinovanými a hybridními z velké části nahrazují obdobné konstrukce monolitické.

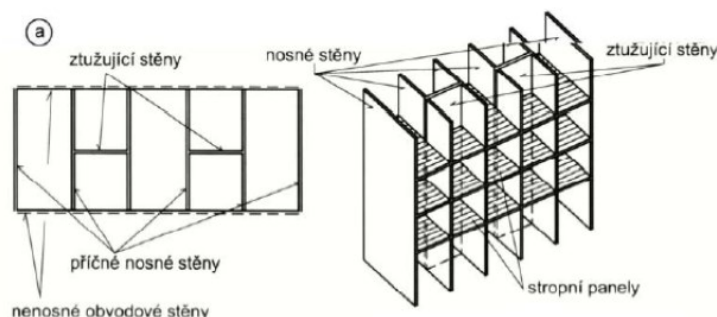
Panelové systémy se uplatňují zejména při výstavbě bytových objektů, hotelů, internátů a administrativních budov. Poskytují provozně oddělené prostory nejčastěji o menší půdorysné ploše, přibližně do 6×6 m. U nás byly ve značném rozsahu uplatňovány v 50. až 80. letech 20. století (v souladu s tehdejšími mezinárodními trendy a potřebou hromadné bytové výstavby). V důsledku tehdejší architektonicky a urbanisticky necitlivé typizace a z toho pramenící monotónnosti stavěných sídlišť se v dnešní době stala u nás panelová výstavba okrajovou.

3.1.1 Montované panelové konstrukce

Nosná konstrukce montovaných panelových systémů je soustava ze stěn a stropních panelů. Tuhé stropní tabule, montované obvykle z jednosměrně nosných stropních prvků, zabezpečují spolupůsobení stěn ve vodorovném směru a vytvářejí s nimi prostorově tuhý celek. Navrhování panelových konstrukcí se provádí v souladu s ČSN EN 1992-1-1 [1].

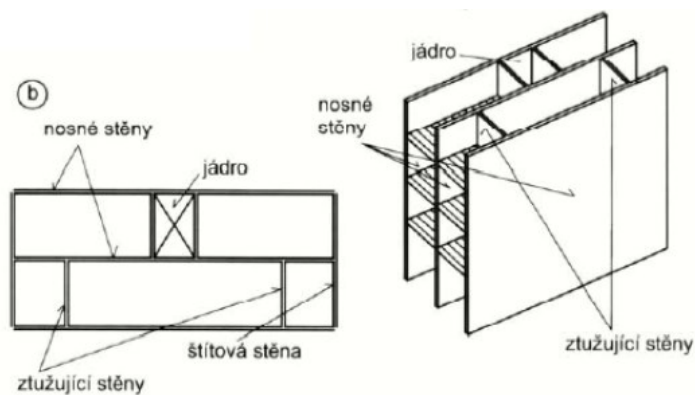
Konstrukční uspořádání panelových soustav

1. Systém příčný



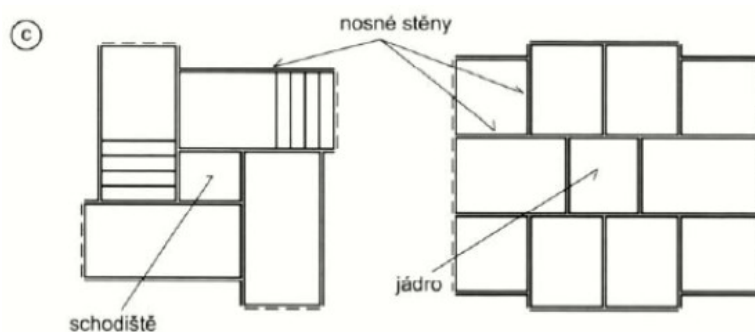
Obrázek 1: Příčný systém

2. Systém podélný



Obrázek 2: Podélný systém

3. Systém obousměrný



Obrázek 3: Obousměrný systém

Statické působení panelové konstrukce

Panelová konstrukce zatížená svislým a současně vodorovným zatížením se chová jako soustava stěn spřažená tuhými stropními tabulemi. Tabule zajišťují přenos vodorovných zatížení do stěn nebo ztužujících jader a navíc přispívají ke stabilitě štíhlých tlačných stěn.

Prvky panelového systému a jejich styky

Základními prvky panelového systému jsou stropní a stěnové panely, které při odpovídajícím dimenzování, účelném uspořádání a spolehlivém stykování vytvářejí velmi únosné a prostorově tuhé nosné konstrukce budov. Na rozdíl od skeletového systému jsou v systému panelovém (zvláště v budovách občanské výstavby) kladeny na prvky další nároky z hlediska provozního. U vnitřních stěn zejména z hlediska zvukové izolace, u stěn obvodového pláště z hlediska ochrany vnitřních prostor před nepříznivými klimatickými vlivy (účinná tepelná izolace, ochrana proti venkovní vlhkosti, zatékání, ochrana samotných panelů a jejich styků proti korozi), u stropních panelů z hlediska zvukové izolace proti kročejovému hluku, případně chvění.

Stropní panely a jejich vzájemné styky

Spolupůsobení stropních panelů podél styčných ploch se zabezpečuje pomocí hmoždinek, vznikajících mezi panely v profilovaných styčných spárách při zalití stykovým betonem nebo maltou. Při posuzování styku mezi stropními dílci je nutné předpokládat, že v důsledku objemových změn dílců a zálivky zde mezi dílci a stykovým materiálem vznikne trhлина.

V další kapitole již navazuje výpočet zatížení na vybranou panelovou montovanou konstrukci.

4 Statické výpočty

4.1 Výpočet zatížení

Výpočet zatížení je zpracován formou tabulek. Vypočteno je zatížení stálé, užité, zatížení sněhem a větrem.

4.1.1 Zatížení stálá

Vlastní tíha samotné konstrukce je uvažována podle ČSN EN 1991 - 1 - 1 [3]. Toto zatížení je vypočteno pomocí programu Scia Engineer 16.1. Stálé zatížení je dáno skladbami podlah, střechy a svislých konstrukcí. Do výpočetního softwaru je pro zjednodušení zadána tíha podlahy v 1NP a 2NP jako konstantní zatížení velikosti 1,55 respektive 1,46 kN/m².

Tabulka 4.1 - Skladba podlahy - přízemí, zádveří

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	6 mm; $\rho=2200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$22\times 0,006$	0,132
Lepicí tmel	2 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,002$	0,028
Vyrovnávací potěr	2 mm; $\rho=2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$21\times 0,002$	0,042
Betonová mazanina	50 mm; $\rho=2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$25\times 0,05$	1,25
Lepenka A300H	-	-	-
Tepelná izolace	120 mm; $\rho=30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,3\times 0,12$	0,036
HI (asfaltový modif. pás)	4 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,004$	0,056
180 mm			1,544

Tabulka 4.2 - Skladba podlahy - přízemí, koupelna

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	6 mm; $\rho=2200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$22\times 0,006$	0,132
Lepicí tmel	2 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,002$	0,028
Cementová HI stěrka	2 mm; $\rho=1700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$17\times 0,002$	0,034
Vyrovnávací potěr	2 mm; $\rho=2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$21\times 0,002$	0,042
Betonová mazanina	48 mm; $\rho=2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$25\times 0,048$	1,2
Lepenka A300H	-	-	-
Tepelná izolace	120 mm; $\rho=30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,3\times 0,12$	0,036
HI (asfaltový modif. pás)	4 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,004$	0,056
180 mm			1,528

Tabulka 4.3 - Skladba podlahy - přízemí, pokoj, ložnice

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
PVC	3 mm; $\rho=1300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$13\times 0,003$	0,039
Vyrovnávací potěr	2 mm; $\rho=2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$21\times 0,002$	0,042
Betonová mazanina	55 mm; $\rho=2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$25\times 0,055$	1,375
Lepenka A300H	-	-	-
Tepelná izolace	120 mm; $\rho=30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,3\times 0,12$	0,036
HI (asfaltový modif. pás)	4 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,004$	0,056
180 mm			1,548

Tabulka 4.4 - Skladba podlahy - patro, chodba

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	6 mm; $\rho=2200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$22\times 0,006$	0,132
Lepicí tmel	2 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,002$	0,028
Vyrovnávací potěr	2 mm; $\rho=2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$21\times 0,002$	0,042
Betonová mazanina	50 mm; $\rho=2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$25\times 0,05$	1,25
Lepenka A300H	-	-	-
Protikročejová izolace (EPS)	40 mm; $\rho=20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,2\times 0,04$	0,008
100 mm			1,46

Tabulka 4.5 - Skladba podlahy - patro, koupelna

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	6 mm; $\rho=2200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$22\times 0,006$	0,132
Lepicí tmel	2 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,002$	0,028
Cementová HI stěrka	2 mm; $\rho=1700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$17\times 0,002$	0,034
Vyrovnávací potěr	2 mm; $\rho=2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$21\times 0,002$	0,042
Betonová mazanina	48 mm; $\rho=2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$25\times 0,048$	1,2
Lepenka A300H	-	-	-
Protikročejová izolace (EPS)	40 mm; $\rho=20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,2\times 0,04$	0,008
100 mm			1,444

Tabulka 4.6 - Skladba podlahy - patro, pokoj, ložnice, šatna

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
PVC	3 mm; $\rho=1300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$13\times 0,003$	0,039
Vyrovnávací potěr	2 mm; $\rho=2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$21\times 0,002$	0,042
Betonová mazanina	55 mm; $\rho=2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$25\times 0,055$	1,375
Lepenka A300H	-	-	-
Protikročejová izolace (EPS)	40 mm; $\rho=20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,2\times 0,04$	0,008
100 mm			1,464

Tabulka 4.7 - Skladba ploché střechy

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
Tříděný říční štěrk	75 mm; $\rho=2000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$20\times 0,075$	1,5
HI (PVC folie)	2 mm; $\rho=1,82 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$	0,0182	0,0182
Separační vrstva	$\rho=300 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$	0,003	0,003
Spádová vrstva (EPS)	20-100mm; $\rho=30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,3\times 0,06$	0,018
Tepelná izolace (EPS)	160 mm; $\rho=30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,3\times 0,16$	0,048
Nopová folie	40 mm; $\rho=950 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$9,5\times 0,04$	0,38
Parozábrana (folie Al-Pe)	4 mm; $\rho=1250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$12,5\times 0,004$	0,05
			2,017

Tabulka 4.8 - Skladba schodiště

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	6 mm; $\rho=2200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$22\times 0,006$	0,132
Lepící tmel	2 mm; $\rho=1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$14\times 0,002$	0,028
Vyrovnávací potěr	2 mm; $\rho=2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$21\times 0,002$	0,042
			0,202

Tabulka 4.9 - Skladba vnějších stěn

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m ²]
Omítka	2 x 5 mm; $\rho=1800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$18\times 0,01$	0,18
Tepelná izolace (EPS)	150 mm; $\rho=30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$0,3\times 0,15$	0,045
			0,225

4.1.2 Užitná zatížení

Užitné zatížení je zvlášť uvažováno pro stropní konstrukci, balkóny a střechy. Hodnoty jsou převzaty z Národní přílohy ČR. Součinitel zatížení $\gamma_F = 1,5$. Výpočet je proveden dle ČSN EN 1991 - 1 - 1 [3].

Tabulka 4.10 - Zatížení užitná

Kategorie zatěžovaných ploch (typ konstrukce)	Stanovené použití	q_k [kN/m ²]
A (stropní konstrukce)	obytné plochy	1,5
A (balkóny)	obytné plochy	3,0
H (střechy)	střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav	0,75

Užitné zatížení střechy kategorie H se neuplatní, protože dominuje zatížení sněhem.

4.1.3 Zatížení sněhem

Rodinný dům je navržen v Brně, které se nachází ve II. sněhové oblasti. Dům má plochou střechu, což je pro výpočet zatížení sněhem uvažováno jako speciální případ pultové střechy. Výpočet zatížení je proveden dle ČSN EN 1991 - 1 - 3 [4].

II. sněhová oblast (Brno)

$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$C_e = 1,0$ součinitel expozice

$C_t = 1,0$ tepelný součinitel

$\mu_1 = 0,8$ tvarový součinitel zatížení větrem

$$s = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k \quad (4.1)$$

$$s = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

4.1.4 Zatížení větrem

Objekt je navržen v Brně, které se nachází ve II. větrové oblasti. Stejně jako u výpočtu zatížení sněhem uvažujeme střechu jako plochou. Zatížení větrem je uvažováno na svislé stěny a plochou střechu. Výpočet zatížení je proveden dle ČSN EN 1991 - 1 - 4 [5].

II. větrová oblast (Brno)

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

základní rychlost větru

$$c_{dir} = 1$$

součinitel směru větru

$$c_{season} = 1$$

součinitel ročního období

Základní rychlost větru v_b :

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1 \times 1 \times 25 = 25 \text{ m/s} \quad (4.2)$$

Referenční výška: $h = 6,4 \text{ m} \Rightarrow z_e = h = 6,4 \text{ m}$; $z_i = h = 6,4 \text{ m}$ (konzervativně)

Kategorie terénu: III – oblast pravidelně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

parametr drsnosti terénu

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

minimální výška

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$z = z_e = z_i = 6,4 \text{ m} \geq z_{min} = 5 \text{ m} \quad \text{Podmínka splněna}$$

Součinitel terénu k_r :

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215 \quad (4.3)$$

Součinitel drsnosti $c_r(z)$:

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,215 \times \ln \left(\frac{6,4}{0,3} \right) = 0,658 \quad (4.4)$$

$$c_o(z) = 1$$

součinitel ortografie

$$k_I = 1$$

součinitel turbulence

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

hustota vzduchu

Charakteristická střední rychlost větru $v_m(z)$:

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b = 0,658 \times 1 \times 25 = 16,45 \text{ m/s} \quad (4.5)$$

Intenzita turbulence $I_v(z)$:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1 \times \ln \frac{6,4}{0,3}} = 0,327 \quad (4.6)$$

Maximální charakteristický dynamický tlak $q_p(z)$:

$$q_p(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2 \quad (4.7)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \times 0,327] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 16,45^2 = 0,556 \text{ kN/m}^2$$

Výsledný tlak na střešní konstrukci:

$$w_k = q_p(z) \times (c_{pe} + c_{pi}) \quad (4.8)$$

Svislé stěny (podélný):

$$h = 6,4 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 8 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{6,4}{14} = 0,457$$

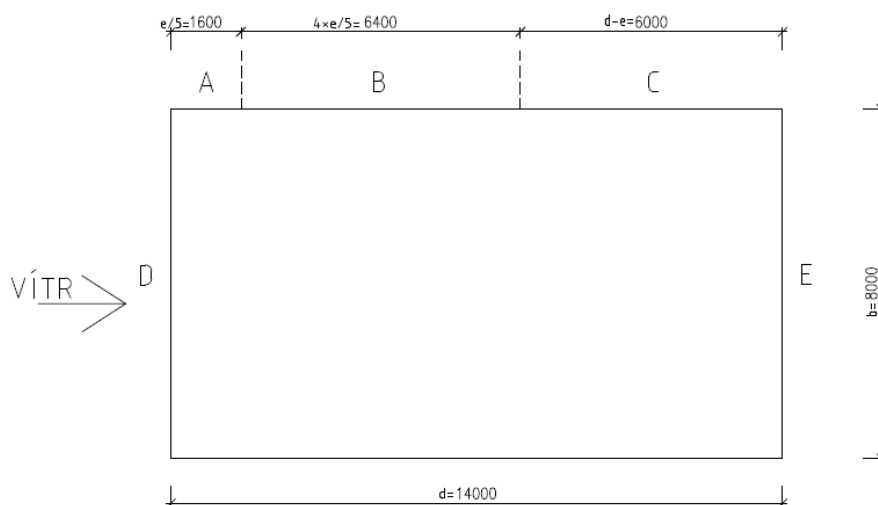
$$c_{pe,10}^A = -1,2$$

$$c_{pe,10}^B = -0,8$$

$$c_{pe,10}^C = -0,5$$

$$c_{pe,10}^D = 0,727$$

$$c_{pe,10}^E = -0,355$$



Obrázek 4: Podélný vítr na svislé stěně

Svislé stěny (příčný):

$$h = 6,4 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 12,8 \text{ m}$$

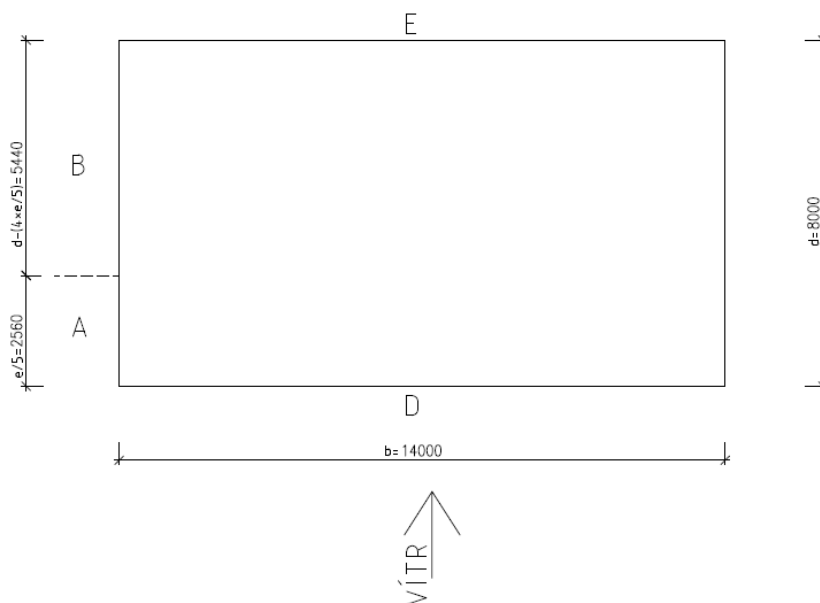
$$\frac{h}{d} = \frac{6,4}{8} = 0,8$$

$$c_{pe,10}^A = -1,2$$

$$c_{pe,10}^B = -0,8$$

$$c_{pe,10}^D = 0,773$$

$$c_{pe,10}^E = -0,447$$



Obrázek 5: Příčný vítr na svislé stěně

Plochá střecha (podélný):

$$h = 6,4 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 8 \text{ m}$$

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,33}{6,4} = 0,052$$

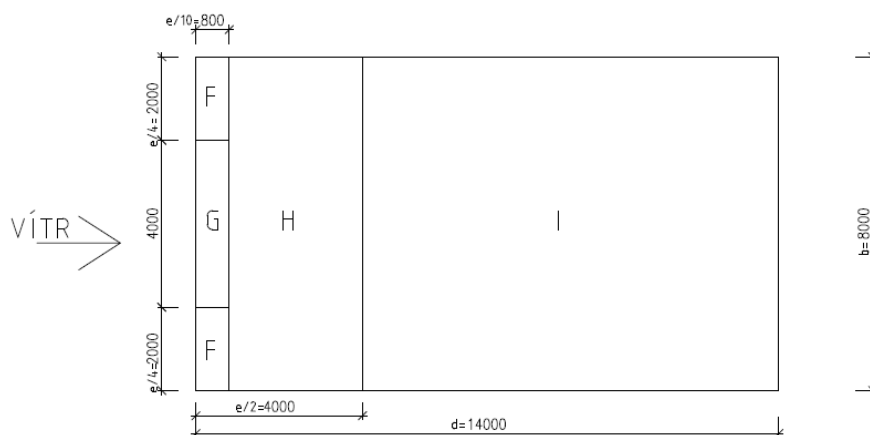
$$c_{pe,10}^F = -1,6$$

$$c_{pe,10}^G = -1,1$$

$$c_{pe,10}^H = -0,7$$

$$c_{pe,10}^{I+} = 0,2$$

$$c_{pe,10}^{I-} = -0,2$$



Obrázek 6: Podélný vítr na ploché střeše

Plochá střecha (příčný):

$$h = 6,4 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 12,8 \text{ m}$$

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,33}{6,4} = 0,052$$

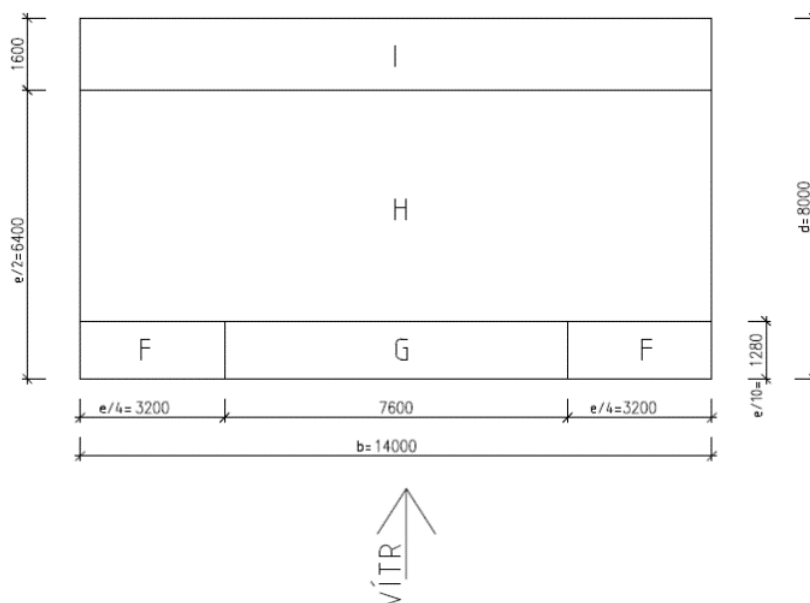
$$c_{pe,10}^F = -1,6$$

$$c_{pe,10}^G = -1,1$$

$$c_{pe,10}^H = -0,7$$

$$c_{pe,10}^{I+} = 0,2$$

$$c_{pe,10}^{I-} = -0,2$$



Obrázek 7: Příčný vítr na ploché střeše

Výsledné tlaky větru na svislé stěny:Podélný $c_{pi,10} = +0,2$

$$w_k^A = 0,556 \times (-1,2 - 0,2) = -0,778 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,556 \times (-0,8 - 0,2) = -0,566 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^C = 0,556 \times (-0,5 - 0,2) = -0,389 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,556 \times (0,727 - 0,2) = 0,293 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,556 \times (-0,355 - 0,2) = -0,309 \text{ kN/m}^2$$

Podélný $c_{pi,10} = -0,3$

$$w_k^A = 0,556 \times (-1,2 + 0,3) = -0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,556 \times (-0,8 + 0,3) = -0,278 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^C = 0,556 \times (-0,5 + 0,3) = -0,111 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,556 \times (0,727 + 0,3) = 0,571 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,556 \times (-0,355 + 0,3) = -0,031 \text{ kN/m}^2$$

Příčný $c_{pi,10} = +0,2$

$$w_k^A = 0,556 \times (-1,2 - 0,2) = -0,778 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,556 \times (-0,8 - 0,2) = -0,566 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,556 \times (0,773 - 0,2) = 0,319 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,556 \times (-0,447 - 0,2) = -0,360 \text{ kN/m}^2$$

Příčný $c_{pi,10} = -0,3$

$$w_k^A = 0,556 \times (-1,2 + 0,3) = -0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,556 \times (-0,8 + 0,3) = -0,278 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,556 \times (0,773 + 0,3) = 0,597 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,556 \times (-0,447 + 0,3) = -0,082 \text{ kN/m}^2$$

Výsledné tlaky větru na plochou střechu:

Podélný i příčný $c_{pi,10} = +0,2$

$$w_k^F = 0,556 \times (-1,6 - 0,2) = -1,001 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^G = 0,556 \times (-1,1 - 0,2) = -0,723 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^H = 0,556 \times (-0,7 - 0,2) = -0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I+} = 0,556 \times (0,2 - 0,2) = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I-} = 0,556 \times (-0,2 - 0,2) = -0,222 \text{ kN/m}^2$$

Podélný i příčný $c_{pi,10} = -0,3$

$$w_k^F = 0,556 \times (-1,6 + 0,3) = -0,723 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^G = 0,556 \times (-1,1 + 0,3) = -0,445 \text{ kN/m}^2$$

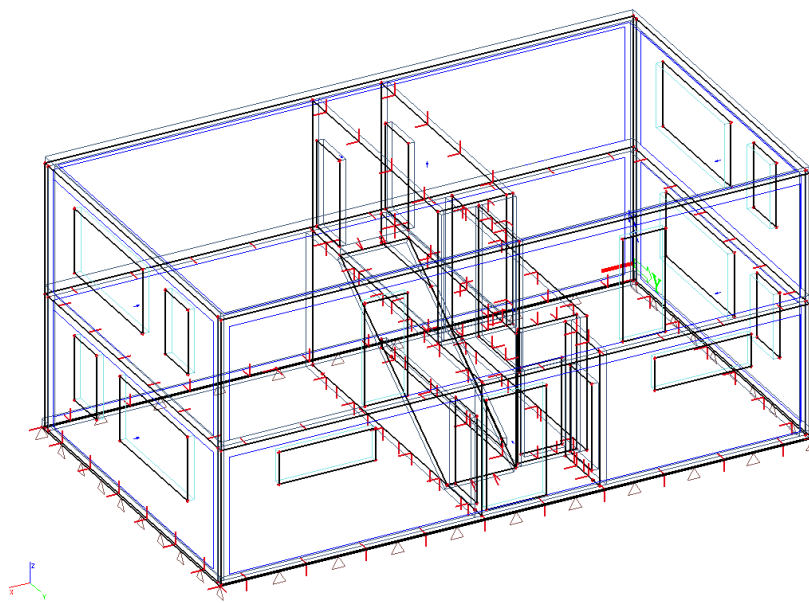
$$w_k^H = 0,556 \times (-0,7 + 0,3) = -0,222 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I+} = 0,556 \times (0,2 + 0,3) = 0,278 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I-} = 0,556 \times (-0,2 + 0,3) = -0,056 \text{ kN/m}^2$$

4.2 Výstupy z MKP softwaru

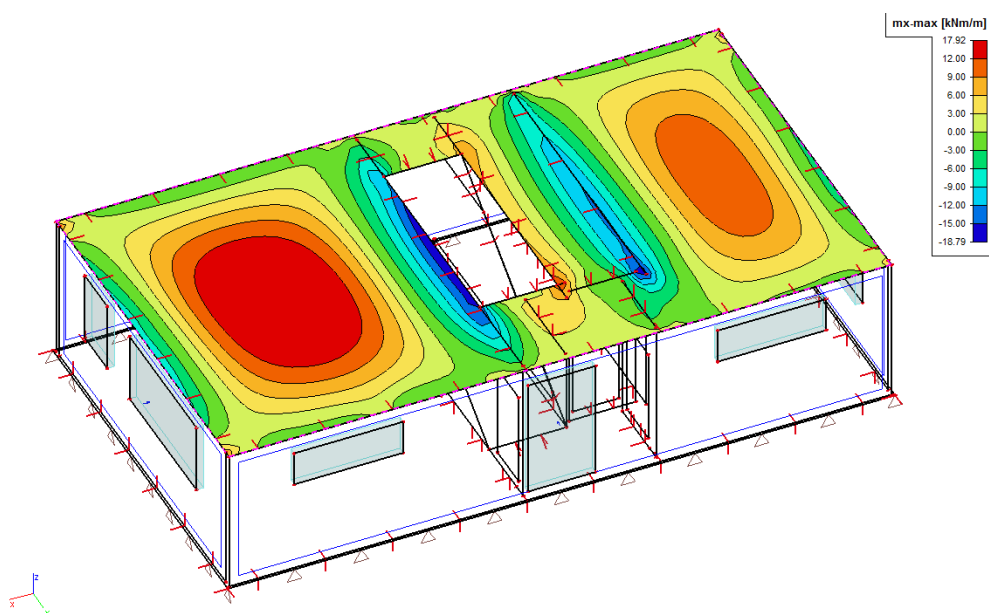
3D model rodinného domu a výpočet vnitřních sil byl zpracován v programu Scia Engineer 16.1. Bylo vytvořeno celkem 21 zatěžovacích stavů a z nich následně 705 kombinací. Hodnoty zatížení jsou vzájemně kombinovány a automaticky násobeny součiniteli spolehlivosti a kombinačními součiniteli podle národního dodatku ČSN EN NA.



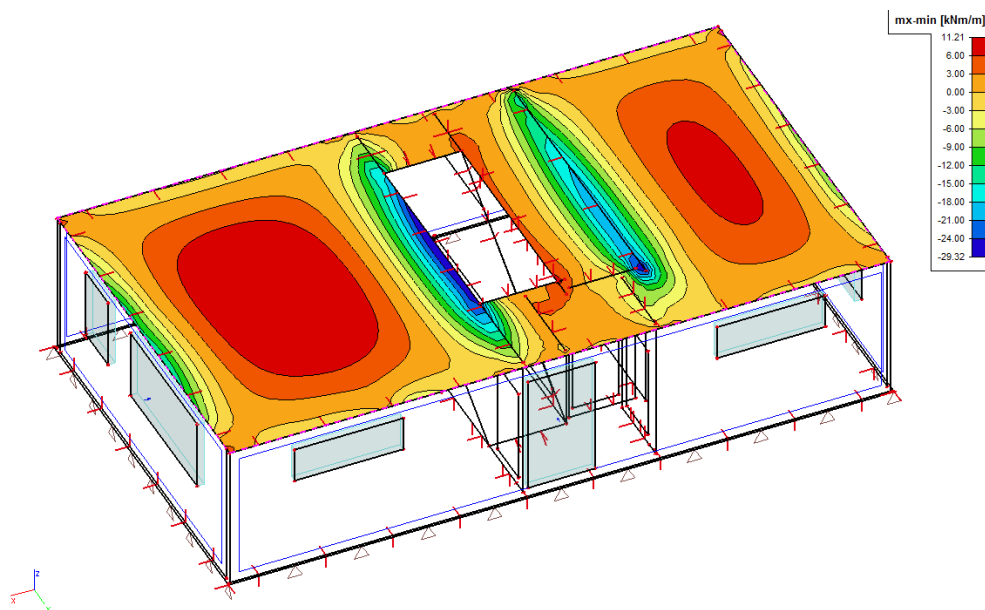
Obrázek 8: Vymodelovaná 3D konstrukce v programu Scia Engineer

4.2.1 Vnitřní síly na stropní desce

Výsledky jsou zpracovány formou obálek maximálních kladných a záporných momentů ve směru uložení desky.



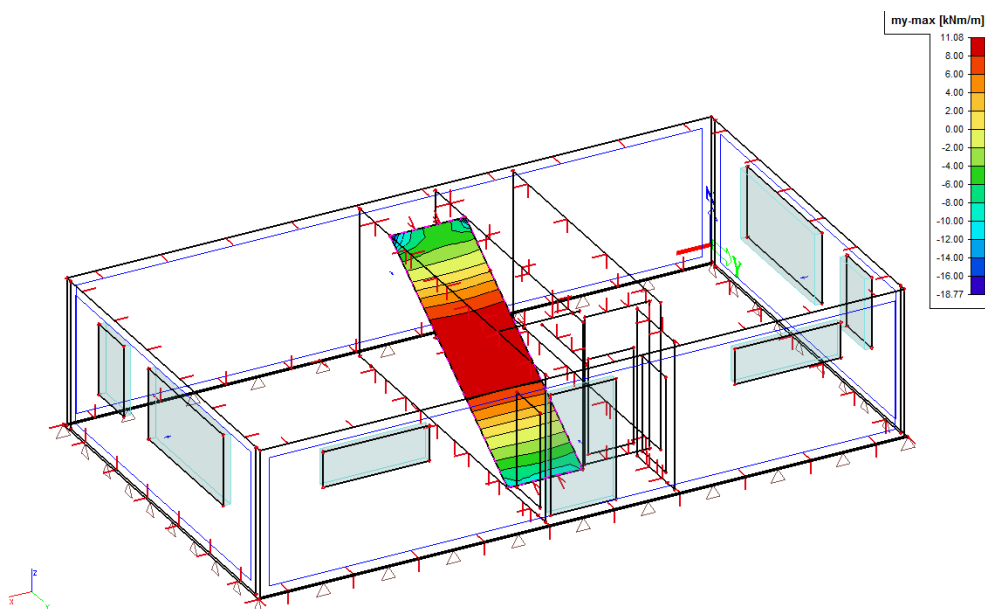
Obrázek 9: Obálka maximálních momentů na desce



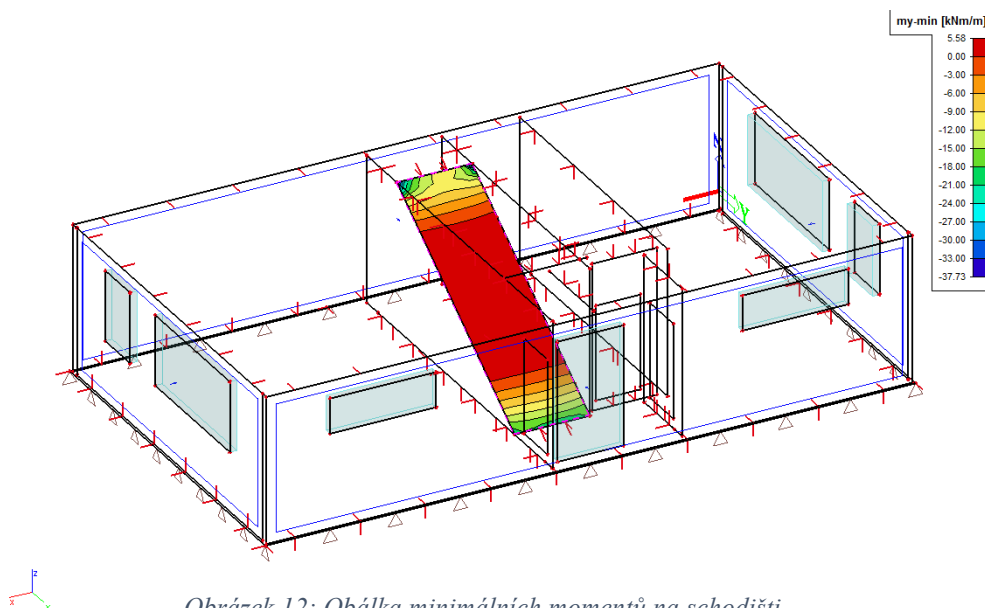
Obrázek 10: Obálka minimálních momentů na desce

4.2.2 Vnitřní síly na schodišti

Výsledky jsou zpracovány formou obálek maximálních kladných a záporných momentů ve směru uložení schodiště.



Obrázek 11: Obálka maximálních momentů na schodišti



Obrázek 12: Obálka minimálních momentů na schodišti

4.3 Návrh a posouzení vybraných prvků

V této kapitole je proveden návrh a posouzení stropní filigránové desky nad 1NP a schodiště. Tyto konstrukce jsou navrženy z třídy betonu C30/37 a výztuž z betonářské oceli B500B. Konstrukce jsou ověřeny na MSÚ a jsou zkontrolovány konstrukční zásady.

Beton C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} \quad (4.9)$$

Ocel B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa} \quad (4.10)$$

4.3.1 Krytí výztuže

Stropní filigránová deska je navržena tloušťky 60 mm. Celková tloušťka po dobetonování je 200 mm. Deska se nachází ve stupni vlivu prostředí XC1, což platí pro beton s nízkou vlhkostí vzduchu. Konstrukční třída je zvolena S4 – objekty o návrhové životnosti 50 let.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (4.11)$$

$\Delta c_{dev} = 0 - 5 \text{ mm}$ pro montované konstrukce

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm})$$

$$c_{min,b} \geq \emptyset \quad \text{zvolíme výztuž } \emptyset 14 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(14; 15; 10) = 15 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 15 + 5 = 20\text{mm}$$

Požadavek $c_{min,dur}$ [mm]							
K-ční třída	Stupeň prostředí						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Obrázek 13: Minimální hodnoty krytí výztuže

4.3.2 1. Montážní stav filigránové desky

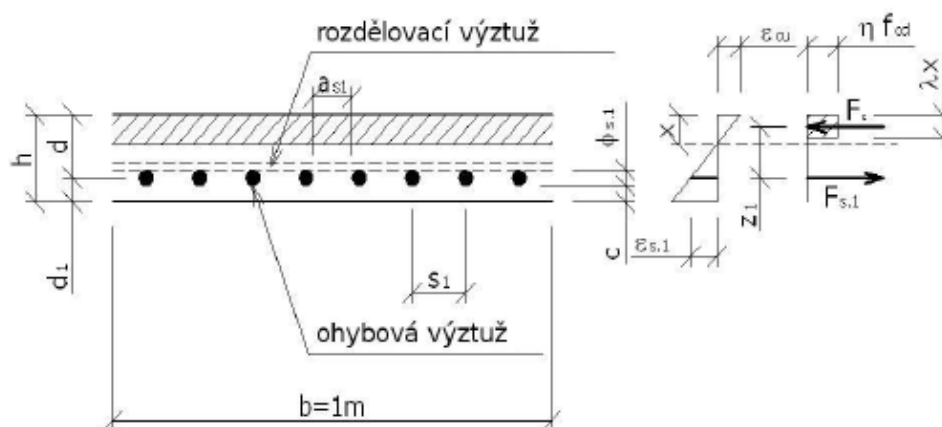
Zatížení pouze vlastní tíhou desky tloušťky 60 mm.

Tabulka 4.11 - Zatížení filigránové desky (1. montážní stav)

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m]	γ_F	g_d [kN/m]
Vlastní tíha	$h=60\text{mm};$ $\rho=2500\text{kg/m}^3$	$25 \times 0,06 \times 1$	1,5	1,35	2,025

$$M_{ED} = \frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{1}{8} \times 2,025 \times 6,15^2 = 9,57 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (4.12)$$

Pro výpočet momentu únosnosti použijeme metodu mezní rovnováhy



Obrázek 14: Schéma metody mezní rovnováhy

Navržena výztuž Ø14/150 mm.

$$A_s = \frac{1}{S_s} \times \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} = \frac{1}{0,15} \times \frac{\pi \times 14^2}{4} = 1026,24 \text{ mm}^2 \quad (4.13)$$

$$F_s = A_s \times f_{y,d} = 1026,24 \times 434,78 \times 10^{-3} = 446,20 \text{ kN} \quad (4.14)$$

$$x = \frac{F_s}{\lambda \times b \times f_{c,d}} = \frac{446,20}{0,8 \times 1 \times 20 \times 10^3} = 0,028 \text{ m} \quad (4.15)$$

$$d = h_s - c - \frac{\emptyset}{2} = 60 - 20 - \frac{14}{2} = 33 \text{ mm} \quad (4.16)$$

$$M_{R,D} = F_s \times \left(d - \frac{\lambda \times x}{2} \right) = 446,20 \times \left(0,033 - \frac{0,8 \times 0,028}{2} \right) = 9,75 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (4.17)$$

$$M_{R,D} \geq M_{E,D} \quad (4.18)$$

$$9,75 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq 9,57 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Navržená výztuž vyhoví.

4.3.3 2. Montážní stav filigránové desky

Zatížení vlastní tíhou desky a dobetonávky, která ještě nezačala působit.

Tabulka 4.12 - Zatížení filigránové desky (2. montážní stav)

Zatížení	Popis zatížení	Výpočet zatížení	g_k [kN/m]	γ_F	g_d [kN/m]
Vlastní tíha	$h=60\text{mm}$; $\rho=2500\text{kg/m}^3$	$25 \times 0,06 \times 1$	1,5	1,35	2,025
Dobetonávka	$h=140\text{mm}$; $\rho=2500\text{kg/m}^3$	$25 \times 0,14 \times 1$	3,5	1,35	4,725
					6,75

$$M_{ED} = \frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{1}{8} \times 6,75 \times 6,15^2 = 31,91 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (4.19)$$

Pro výztuž Ø14/150 vyšel moment únosnosti $M_{R,D} = 9,75 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Navržená výztuž nevyhoví, a proto je nutno při dobetonávce desku řádně podepřít až do doby zajištění spolupůsobení filigránové desky s dobetonovanou částí (minimálně 14 dní).

4.3.4 Finální stav filigránové desky

Zatížení vlastní tíhou desky, dobetonávky, která již spolupůsobí s deskou, zatížení skladbou podlahy a užitným zatížením. Výstup ze softwaru nám udává maximální kladnou hodnotu ohybového momentu $M_{ED}^+ = 17,92 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Podle vzorců 4.13 – 4.18 určíme hodnotu momentu únosnosti M_{RD} a následně celou desku posoudíme.

$$A_s = \frac{1}{S_s} \times \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} = \frac{1}{0,15} \times \frac{\pi \times 14^2}{4} = 1026,24 \text{ mm}^2 \quad (4.20)$$

$$F_s = A_s \times f_{y,d} = 1026,24 \times 434,78 \times 10^{-3} = 446,20 \text{ kN} \quad (4.21)$$

$$x = \frac{F_s}{\lambda \times b \times f_{c,d}} = \frac{446,20}{0,8 \times 1 \times 20 \times 10^3} = 0,028 \text{ m} \quad (4.22)$$

$$d = h_s - c - \frac{\emptyset}{2} = 200 - 20 - \frac{14}{2} = 173 \text{ mm} \quad (4.23)$$

$$M_{R,D} = F_s \times \left(d - \frac{\lambda \times x}{2} \right) = 446,20 \times \left(0,173 - \frac{0,8 \times 0,028}{2} \right) = 72,2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (4.24)$$

$$\begin{aligned}
 M_{R,D} &\geq M_{E,D} \\
 72,2 \text{ kN} \cdot \text{m} &\geq 17,9 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 \text{Navržená výztuž vyhoví.}
 \end{aligned}
 \tag{4.25}$$

V místech uložení desky vznikají záporné ohybové momenty, proto je nutno navrhnout příložky k hornímu líci desky. Maximální záporný moment $M_{ED} = -29,32 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Navrhují kari síť Ø6/150 a příložky Ø8/200. Opět podle vzorců 4.13 – 4.18 posoudíme únosnost desky.

Únosnost kari sítě:

$$A_s = \frac{1}{S_s} \times \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} = \frac{1}{0,15} \times \frac{\pi \times 6^2}{4} = 188,5 \text{ mm}^2 \tag{4.26}$$

$$F_s = A_s \times f_{y,d} = 188,5 \times 434,78 \times 10^{-3} = 84,1 \text{ kN} \tag{4.27}$$

$$x = \frac{F_s}{\lambda \times b \times f_{c,d}} = \frac{84,1}{0,8 \times 1 \times 20 \times 10^3} = 0,005 \text{ m} \tag{4.28}$$

$$d = h_s - c - \frac{\emptyset}{2} = 200 - 20 - \frac{6}{2} = 177 \text{ mm} \tag{4.29}$$

$$M_{R,D} = F_s \times \left(d - \frac{\lambda \times x}{2} \right) = 84,1 \times \left(0,177 - \frac{0,8 \times 0,005}{2} \right) = 14,71 \text{ kN} \cdot \text{m} \tag{4.30}$$

Únosnost příložek:

$$A_s = \frac{1}{S_s} \times \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} = \frac{1}{0,2} \times \frac{\pi \times 8^2}{4} = 251,33 \text{ mm}^2 \tag{4.31}$$

$$F_s = A_s \times f_{y,d} = 251,33 \times 434,78 \times 10^{-3} = 109,27 \text{ kN} \tag{4.32}$$

$$x = \frac{F_s}{\lambda \times b \times f_{c,d}} = \frac{109,27}{0,8 \times 1 \times 20 \times 10^3} = 0,007 \text{ m} \tag{4.33}$$

$$d = h_s - c - \emptyset_{kari} - \frac{\emptyset_{př}}{2} = 200 - 20 - 6 - \frac{8}{2} = 170 \text{ mm} \quad (4.34)$$

$$M_{R,D} = F_s \times \left(d - \frac{\lambda \times x}{2} \right) = 109,27 \times \left(0,170 - \frac{0,8 \times 0,007}{2} \right) = 18,3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (4.35)$$

$$M_{R,D,kari} + M_{R,D,př} \geq M_{E,D}^- \quad (4.36)$$

$$14,71 + 18,3 = 33,01 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq 29,32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Navržená výztuž vyhoví.

4.3.5 Konstrukční zásady desky

Minimální množství výztuže

Skutečná plocha Ø14/150: $a_{s,skut} = 1026,3 \text{ mm}^2$

$$a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_t \times d; 0,0013 \times b_t \times d\right) \quad (4.19)$$

$$a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 1 \times 0,173; 0,0013 \times 1 \times 0,173\right)$$

$$= \max(261; 225 \text{ mm}^2) = 261 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,skut} \geq a_{s,min} \quad (4.20)$$

$$1026,3 \text{ mm}^2 \geq 261 \text{ mm}^2$$

Podmínka vyhoví

Maximální množství výztuže

Skutečná plocha Ø14/150: $a_{s,skut} = 1026,3 \text{ mm}^2$

$$a_{s,max} = 0,04 \times A_c \quad (4.21)$$

$$a_{s,max} = 0,04 \times 1 \times 0,2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,skut} \leq a_{s,max} \quad (4.22)$$

$$1026,3 \text{ mm}^2 \leq 8000 \text{ mm}^2$$

Podmínka vyhoví

Omezení výšky tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,028}{0,173} = 0,16 \quad (4.23)$$

$$\xi_{bal} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 434,78} = 0,62 \quad (4.24)$$

$$\xi < \xi_{bal} \quad (4.25)$$

$$0,16 < 0,62$$

Podmínka vyhoví**Maximální osová vzdálenost mezi pruty výztuže**

$$s_{max} = \min(2h; 250 \text{ mm}) \quad (4.26)$$

$$s_{max} = \min(2 \times 200; 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

$$s_{skut} = 150 \text{ mm}$$

$$s_{skut} \leq s_{max} \quad (4.37)$$

$$150 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm}$$

Podmínka vyhoví**Minimální světlá vzdálenost mezi pruty výztuže**

$$s_{skut} = 136 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(k_1 \times \emptyset; d_g \times k_2; 20 \text{ mm}) \quad (4.28)$$

$$k_1 = 1,2 \text{ (dle NP)}$$

$$k_2 = 5 \text{ mm (dle EC2)}$$

$$d_g = 16 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \times 14; 16 + 5; 20 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{skut} \geq s_{min} \quad (4.29)$$

$$136 \text{ mm} \geq 21 \text{ mm}$$

Podmínka vyhoví

Minimální plocha rozdělovací výztuže

$$\begin{aligned} a_{s,r,min} &= 0,2 \times a_{skut} \\ a_{s,r,min} &= 0,2 \times 1026,3 = 205,26 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (4.30)$$

Navrhuji rozdělovací výztuž Ø8/200. $a_{s,r} = 251,33 \text{ mm}^2$.

$$\begin{aligned} a_{s,r} &\geq a_{s,r,min} \\ 251,33 \text{ mm}^2 &\geq 205,6 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (4.31)$$

Podmínka vyhoví

Maximální vzdálenost mezi pruty rozdělovací výztuže

$$\begin{aligned} s_{r,max} &= \min(3h; 400 \text{ mm}) \\ s_{r,max} &= \min(3 \times 200; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm} \end{aligned} \quad (4.32)$$

$s_{r,skut} = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} s_{r,skut} &\leq s_{r,max} \\ 200 \text{ mm} &\leq 400 \text{ mm} \end{aligned} \quad (4.33)$$

Podmínka vyhoví

Kotevní délka

Kotevní délku počítáme pro příložky u horního povrchu desky Ø8/200.

$$l_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad (4.34)$$

$\alpha_1 - \alpha_5$: součinitele dle EC2, jsou v rozmezí $<0,7 - 1>$, ne bezpečnou stranu volíme všechny součinitele rovny 1.

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \times f_{ctk 0,05}}{\gamma_c} = \frac{1 \times 2}{1,5} = 1,333 \text{ MPa} \quad (4.35)$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1 \times 1 \times 1,333 = 3 \text{ MPa} \quad (4.36)$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\sigma}{f_{bd}} = \frac{8}{4} \times \frac{434,78}{3} = 289,85 \text{ mm} \quad (4.37)$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \times l_{b,rqd}; 10 \times \emptyset; 100 \text{ mm}) \quad (4.38)$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \times 289,85; 10 \times 8; 100 \text{ mm}) = 100 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 289,85 = 289,85 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$$

Podmínka vyhoví

Navrhuji kotevní délku $l_{bd} = 300 \text{ mm}$.

4.3.6 Schodiště

Z výpočetního softwaru byl získán maximální kladný moment $M_{ed}^+ = 11,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Navrhuji výztuž Ø8/100. Opět podle vzorců 4.13 – 4.18 posoudíme únosnost schodiště.

$$A_s = \frac{1}{S_s} \times \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} = \frac{1}{0,1} \times \frac{\pi \times 8^2}{4} = 502,65 \text{ mm}^2 \quad (4.39)$$

$$F_s = A_s \times f_{y,d} = 502,65 \times 434,78 \times 10^{-3} = 218,5 \text{ kN} \quad (4.40)$$

$$x = \frac{F_s}{\lambda \times b \times f_{c,d}} = \frac{218,5}{0,8 \times 1 \times 20 \times 10^3} = 0,014 \text{ m} \quad (4.41)$$

$$d = h_s - c - \frac{\emptyset}{2} = 120 - 20 - \frac{8}{2} = 96 \text{ mm} \quad (4.42)$$

$$M_{R,D} = F_s \times \left(d - \frac{\lambda \times x}{2} \right) = 218,5 \times \left(0,096 - \frac{0,8 \times 0,014}{2} \right) = 19,79 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (4.43)$$

$$M_{R,D} \geq M_{E,D} \quad (4.44)$$

$$19,79 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq 11,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Navržená výztuž vyhoví.

V hlavě a patě schodiště vznikají také nezanedbatelné posouvající síly. Je nutno tyto síly posoudit na smyk. Nejprve se spočte, kolik přenese železobetonový průřez bez smykové výztuže, ale se započtením ohybové výztuže.

Hlava schodiště

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \times \sigma_{cp} \right] \times b_w \times d \quad (4.39)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \text{ MPa} \quad (4.40)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{96}} = 2,44 \quad k \leq 2 \quad (4.41)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{150,8 \times 10^{-6}}{0,28 \times 0,096} = 0,0056 \quad \rho \leq 0,02 \quad (4.42)$$

$$k_1 \times \sigma_{cp} = 0 \quad \text{příznivý vliv normálové síly}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \times 2 \times (100 \times 0,0056 \times 30)^{\frac{1}{3}} + 0 \right] \times 0,28 \times 0,096 = 16,53 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed} \quad (4.43)$$

$$16,53 \text{ kN} \geq 31,99 \text{ kN}$$

Podmínka nevyhoví, je nutno navrhnout smykovou výztuž.

Navržen dvojstřížný třmínek Ø8/100.

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \times \frac{1}{s_L} \times z \times f_{yw,d} \times \cot \theta \quad (4.44)$$

$$A_{sw} = 2 \times \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} = 2 \times \frac{\pi \times 8^2}{4} = 100,5 \text{ mm}^2 \quad (4.45)$$

$$z = 0,9 \times d = 0,9 \times 0,096 = 0,086 \text{ m} \quad (4.46)$$

$$V_{Rd,s} = 100,5 \times 10^{-6} \times \frac{1}{0,1} \times 0,086 \times 434,78 \times 10^3 \times 1 = 37,76 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,s} &\geq V_{Ed} \\ 37,76 \text{ kN} &\geq 31,99 \text{ kN} \end{aligned} \quad (4.47)$$

Navržená výztuž vyhoví.

Maximální únosnost ve smyku

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times \mu_1 \times \frac{f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (4.48)$$

$\alpha_{cw} = 1$ součinitel zohledňující stav napětí v tlačeném pásu

$$\mu_1 = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528 \quad (4.49)$$

$$z = 0,9 \times d = 0,9 \times 0,096 = 0,086 \text{ m} \quad (4.50)$$

$$V_{Rd,max} = 1 \times 0,28 \times 0,086 \times 0,528 \times \frac{20}{1 + 1} = 127,7 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,max} &\geq V_{Rd,s} \\ 127,7 \text{ kN} &\geq 37,8 \text{ kN} * m \end{aligned} \quad (4.51)$$

Podmínka vyhoví

Pata schodiště

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \times \sigma_{cp} \right] \times b_w \times d \quad (4.39)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \text{ MPa} \quad (4.40)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{0,31}} = 1,8 \quad k \leq 2 \quad (4.41)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{100,53 \times 10^{-6}}{0,28 \times 0,31} = 0,0012 \quad \rho \leq 0,02 \quad (4.42)$$

$$k_1 \times \sigma_{cp} = 0 \quad \text{příznivý vliv normálové síly}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \times 1,8 \times (100 \times 0,0012 \times 30)^{\frac{1}{3}} + 0 \right] \times 0,28 \times 0,31 = 28,45 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed} \quad (4.43)$$

$$28,45 \text{ kN} \geq 31,99 \text{ kN}$$

Podmínka nevyhoví, je nutno navrhnout smykovou výztuž.

Navržen dvojstřížný třmínek Ø8/100.

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \times \frac{1}{s_L} \times z \times f_{yw,d} \times \cot \theta \quad (4.44)$$

$$A_{sw} = 2 \times \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} = 2 \times \frac{\pi \times 8^2}{4} = 100,5 \text{ mm}^2 \quad (4.47)$$

$$z = 0,9 \times d = 0,9 \times 0,31 = 0,279 \text{ m} \quad (4.48)$$

$$V_{Rd,s} = 100,5 \times 10^{-6} \times \frac{1}{0,1} \times 0,279 \times 434,78 \times 10^3 \times 1 = 68,6 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,s} &\geq V_{Ed} \\ 68,6 \text{ kN} &\geq 31,99 \text{ kN} \end{aligned} \quad (4.47)$$

Navržená výztuž vyhoví.

Maximální únosnost ve smyku

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times \mu_1 \times \frac{f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (4.48)$$

$\alpha_{cw} = 1$ součinitel zohledňující stav napětí v tlaceném pásu

$$\mu_1 = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528 \quad (4.49)$$

$$z = 0,9 \times d = 0,9 \times 0,31 = 0,279 \text{ m} \quad (4.50)$$

$$V_{Rd,max} = 1 \times 0,28 \times 0,279 \times 0,528 \times \frac{20}{1 + 1} = 412,47 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,max} &\geq V_{Rd,s} \\ 412,47 \text{ kN} &\geq 68,8 \text{ kN} * m \end{aligned} \quad (4.51)$$

Podmínka vyhoví

4.3.7 Konstrukční zásady schodiště

Minimální množství výztuže

Skutečná plocha Ø8/150: $a_{s,skut} = 335,1 \text{ mm}^2$

$$a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_t \times d; 0,0013 \times b_t \times d\right) \quad (4.19)$$

$$a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 1 \times 0,096; 0,0013 \times 1 \times 0,096\right)$$

$$= \max(145; 125 \text{ mm}^2) = 145 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,skut} \geq a_{s,min} \quad (4.20)$$

$$502,65 \text{ mm}^2 \geq 145 \text{ mm}^2$$

Podmínka vyhoví

Maximální množství výztuže

Skutečná plocha Ø8/100: $a_{s,skut} = 502,65 \text{ mm}^2$

$$a_{s,max} = 0,04 \times A_c \quad (4.21)$$

$$a_{s,max} = 0,04 \times 1 \times 0,12 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,skut} \leq a_{s,max} \quad (4.22)$$

$$502,65 \text{ mm}^2 \leq 4800 \text{ mm}^2$$

Podmínka vyhoví

Omezení výšky tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,014}{0,096} = 0,146 \quad (4.23)$$

$$\xi_{bal} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 434,78} = 0,62 \quad (4.24)$$

$$\xi < \xi_{bal} \quad (4.25)$$

$$0,146 < 0,62$$

Podmínka vyhoví

Maximální osová vzdálenost mezi pruty výztuže

$$s_{max} = \min(2h; 250 \text{ mm}) \quad (4.26)$$

$$s_{max} = \min(2 \times 120; 250 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

$$s_{skut} = 100 \text{ mm}$$

$$s_{skut} \leq s_{max} \quad (4.49)$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$$

Podmínka vyhoví

Minimální světlá vzdálenost mezi pruty výztuže

$$s_{skut} = 92 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(k_1 \times \emptyset; d_g \times k_2; 20 \text{ mm}) \quad (4.28)$$

$$k_1 = 1,2 \text{ (dle NP)}$$

$$k_2 = 5 \text{ mm (dle EC)}$$

$$d_g = 16 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \times 8; 16 + 5; 20 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{skut} \geq s_{min} \quad (4.29)$$

$$92 \text{ mm} \geq 21 \text{ mm}$$

Podmínka vyhoví

Minimální plocha rozdělovací výztuže

$$a_{s,r,min} = 0,2 \times a_{skut} \quad (4.30)$$

$$a_{s,r,min} = 0,2 \times 502,65 = 100,53 \text{ mm}^2$$

Navrhuji rozdělovací výztuž Ø6/200. $a_{s,r} = 141,37 \text{ mm}^2$.

$$a_{s,r} \geq a_{s,r,min} \quad (4.31)$$

$$141,37 \text{ mm}^2 \geq 100,53 \text{ mm}^2$$

Podmínka vyhoví

Maximální vzdálenost mezi pruty rozdělovací výztuže

$$s_{r,max} = \min(3h; 400 \text{ mm}) \quad (4.32)$$

$$s_{r,max} = \min(3 \times 120; 400 \text{ mm}) = 360 \text{ mm}$$

$$s_{r,skut} = 200 \text{ mm}$$

$$s_{r,skut} \leq s_{r,max} \quad (4.33)$$

$$200 \text{ mm} \leq 360 \text{ mm}$$

Podmínka vyhoví

Minimální plocha smykové výztuže

$$\rho_{sw} \geq \rho_{sw,min} \quad (4.5250)$$

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_L \times b_w \times \sin \alpha} = \frac{100,5 \times 10^{-6}}{0,1 \times 0,28 \times \sin(90)} = 0,0036 \quad (4.53)$$

$$\rho_{sw,min} = \frac{0,08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \times \sqrt{30}}{500} = 0,0009 \quad (4.54)$$

$$0,0036 \geq 0,0009$$

Podmínka vyhoví

Maximální vzdálenost mezi větvemi třmínku

$$s_t \leq s_{t,max} \quad (4.5551)$$

$$s_t = 0,072 \text{ m}$$

$$s_{t,max} = 0,75 \times d = 0,75 \times 0,096 = 0,072 \text{ m} \quad (4.56)$$

$$0,072 \leq 0,072$$

Podmínka vyhoví

Maximální vzdálenost mezi třmínky

$$s_L \leq s_{L,max} \quad (4.5752)$$

$$s_L = 0,1 \text{ m}$$

$$s_{L,max} = 0,75 \times d \times (1 + \cot g(\alpha)) = 0,75 \times 0,096 \times 2 = 0,144 \text{ m} \quad (4.538)$$

$$0,1 \text{ m} \leq 0,144 \text{ m}$$

Podmínka vyhoví

4.3.8 Pravděpodobnostní posouzení stropního panelu

Pravděpodobnostní posudek byl vytvořen v softwaru Anthill metodou Monte Carlo, kde bylo vytvořeno 10 miliónů kombinací. Vstupní hodnoty meze kluzu oceli a pevnosti betonu v tlaku jsou převzaty z [7].

výrobce	třída betonu	betonárna	počet vzorků	min (Mpa)	max (Mpa)	průměr (Mpa)	směr. odch.	90% kvantil	99% kvantil	99,9% kvantil
Výrobce 1	C -/35	A	183	39,9	55,3	45,87	4,12	40,89	40,00	39,91
Výrobce 1	C 25/30	A	57	35,2	44,5	40,05	2,45	36,41	35,20	35,19
Výrobce 2	C 25/30	B	71	33,1	48,5	40,08	3,28	35,63	33,14	33,11
Výrobce 2	C 30/37	C	392	37,8	64,0	51,13	5,68	43,50	38,29	37,77

Obrázek 15: Pevnosti v tlaku betonu [7]

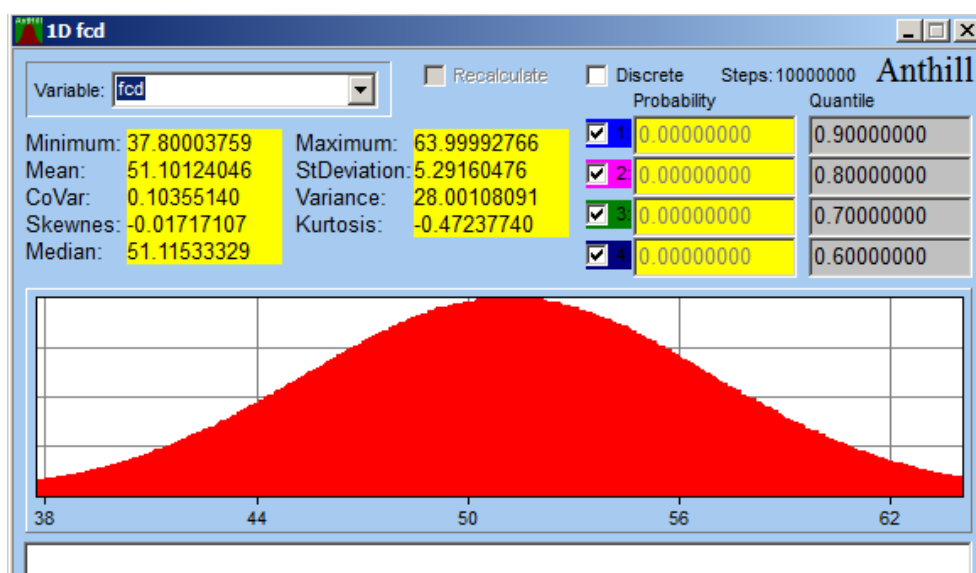
výrobce	profil (mm)	počet vzorků	min (Mpa)	max (Mpa)	průměr (Mpa)	směr. odch.	90% kvantil	99% kvantil	99,9% kvantil
Výrobce 1	10,0	98	518	649	601,61	24,43	583	564	564
Výrobce 1	12,0	193	542	650	597,80	23,65	566	550	550
Výrobce 1	14,0	58	552	624	586,43	19,95	569	562	562
Výrobce 1	16,0	323	523	654	596,11	21,95	570	530	523
Výrobce 1	18,0	45	550	631	596,40	21,12	566	550	550
Výrobce 1	20,0	241	547	655	597,19	22,40	572	552	547
Výrobce 1	22,0	29	549	632	588,93	20,82	561	549	549
Výrobce 1	25,0	173	532	610	577,04	20,53	546	532	532
Výrobce 1	28,0	34	538	627	582,00	27,12	549	538	538
Výrobce 1	32,0	58	520	601	555,52	22,20	528	520	520
Výrobce 1	12,0-28,0	1096	523	655	592,51	23,42	562	538	523
Výrobce 2	12,0-28,0	62	513	613	563,08	23,29	533	513	513
Výrobce 5	12,0-28,0	49	535	594	567,35	14,57	549	535	535
Výrobce 6	12,0-28,0	40	539	593	563,90	14,36	549	539	539
Výrobce 7	12,0-28,0	52	504	595	551,67	23,48	517	504	504

Obrázek 16: Meze kluzu oceli [7]

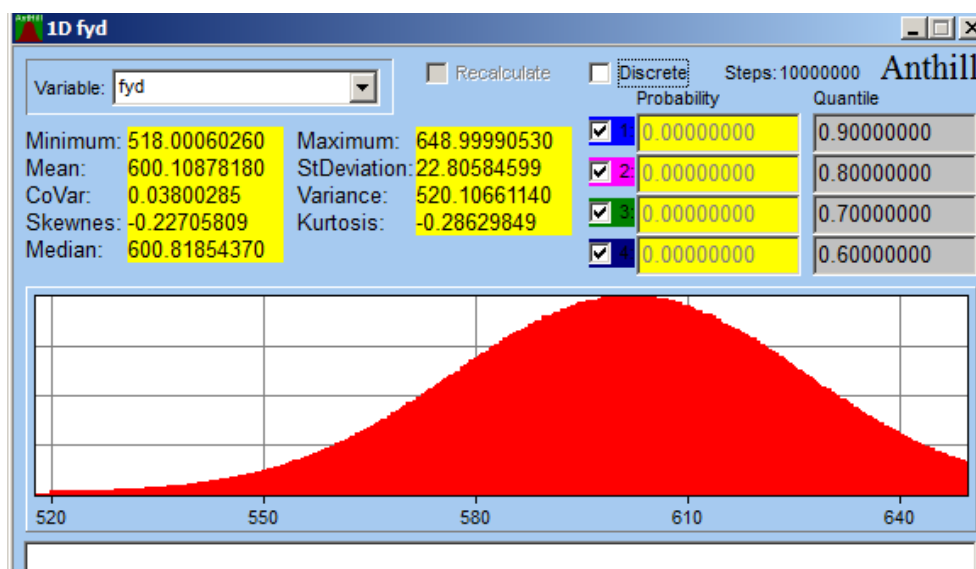
Z těchto hodnot byly následně vytvořeny histogramy s normálním rozdělením.

Input variables			
Variables	Type	Parameters	Comment
DLvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	
fck	Normal	Min=37.80000000 Max=64.00000000 Mean=51.13000000 StDev=5.68000000	
fyk	Normal	Min=518.00000000 Max=649.00000000 Mean=601.61000000 StDev=24.43000000	
pi	Constant	Value=3.14159265359	
Avar	area-u.dis	Min=0.90000000 Max=1.05000000	

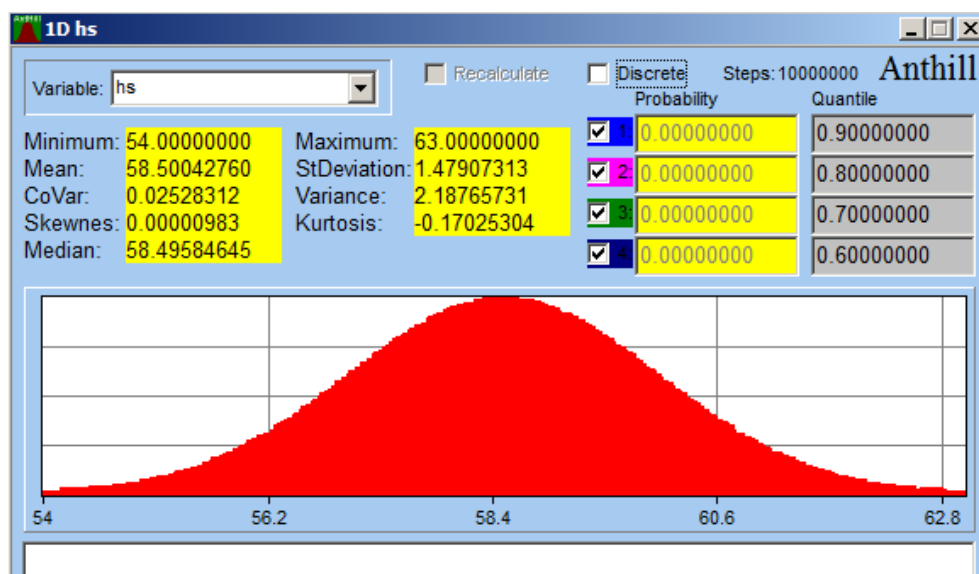
Obrázek 17: Zadání proměnných



Obrázek 18: Histogram pevnosti betonu v tlaku

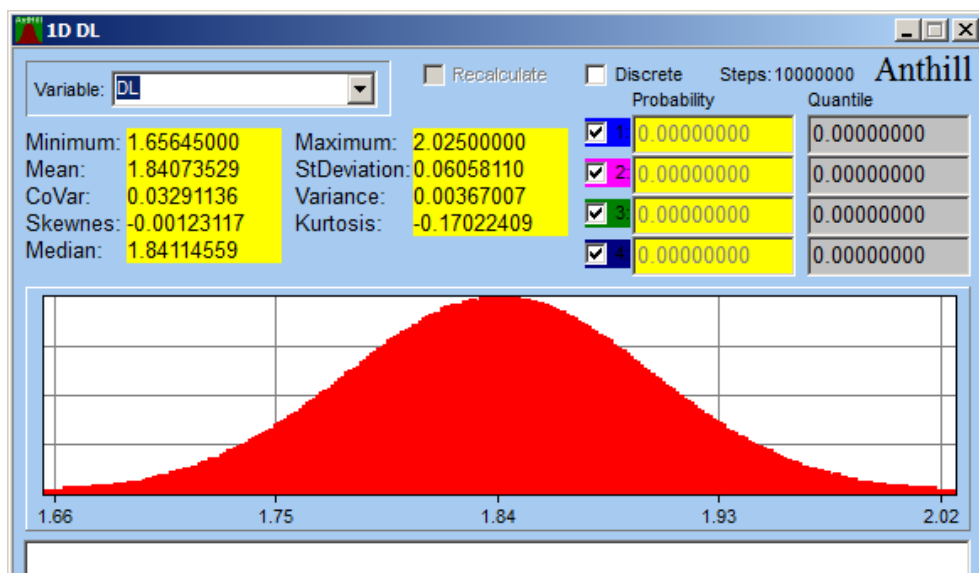


Obrázek 19: Histogram meze kluzu oceli



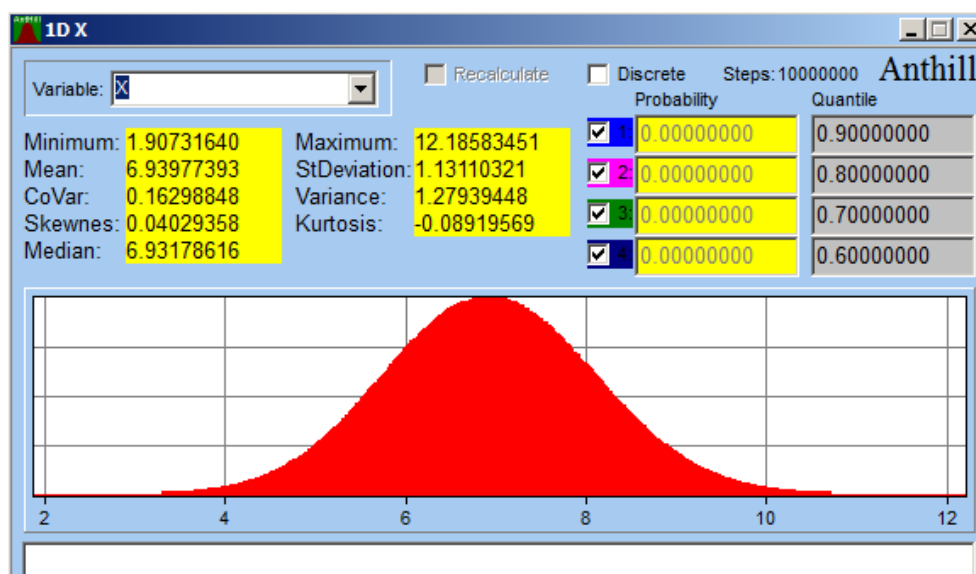
Obrázek 20: Histogram tloušťky desky

Pravděpodobnostní výpočet bude proveden pouze pro 1. montážní stav, tzn. zatížení pouze stálým zatížením (vlastní tíhou). Na dalším obrázku lze vidět histogram stálého zatížení přenásobený hodnotou 2,025, která reprezentuje tíhu desky.



Obrázek 21: Histogram stálého zatížení

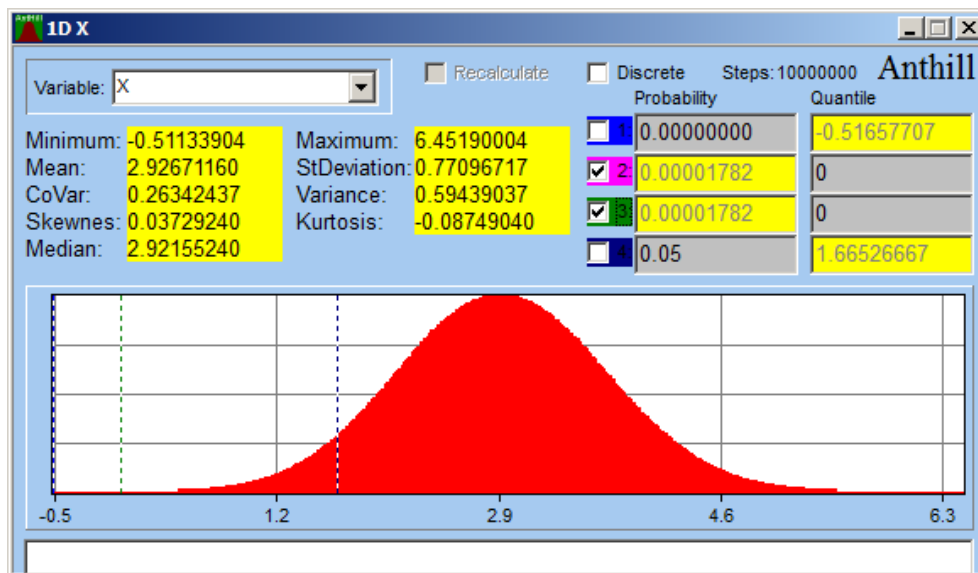
Obrázek 22: Rovnice



Obrázek 23: Histogram funkce spolehlivosti

Z obrázku je patrné, že pro výztuž Ø14/150 histogram funkce spolehlivosti nikdy nedosáhl záporných hodnot, tudíž nikdy nenastane porucha. V druhém návrhu se hledá takové rozložení výztuže, aby deska splňovala kritéria dle [1].

V druhém návrhu se postupuje stejně jako u prvního s navrženou výztuží Ø10/120.



Obrázek 24: Histogram funkce spolehlivosti (2. návrh)

Nyní funkce spolehlivosti dosáhla záporných hodnot. Je nutné ověřit, zda návrh splňuje požadavky pro třídu spolehlivosti RC2.

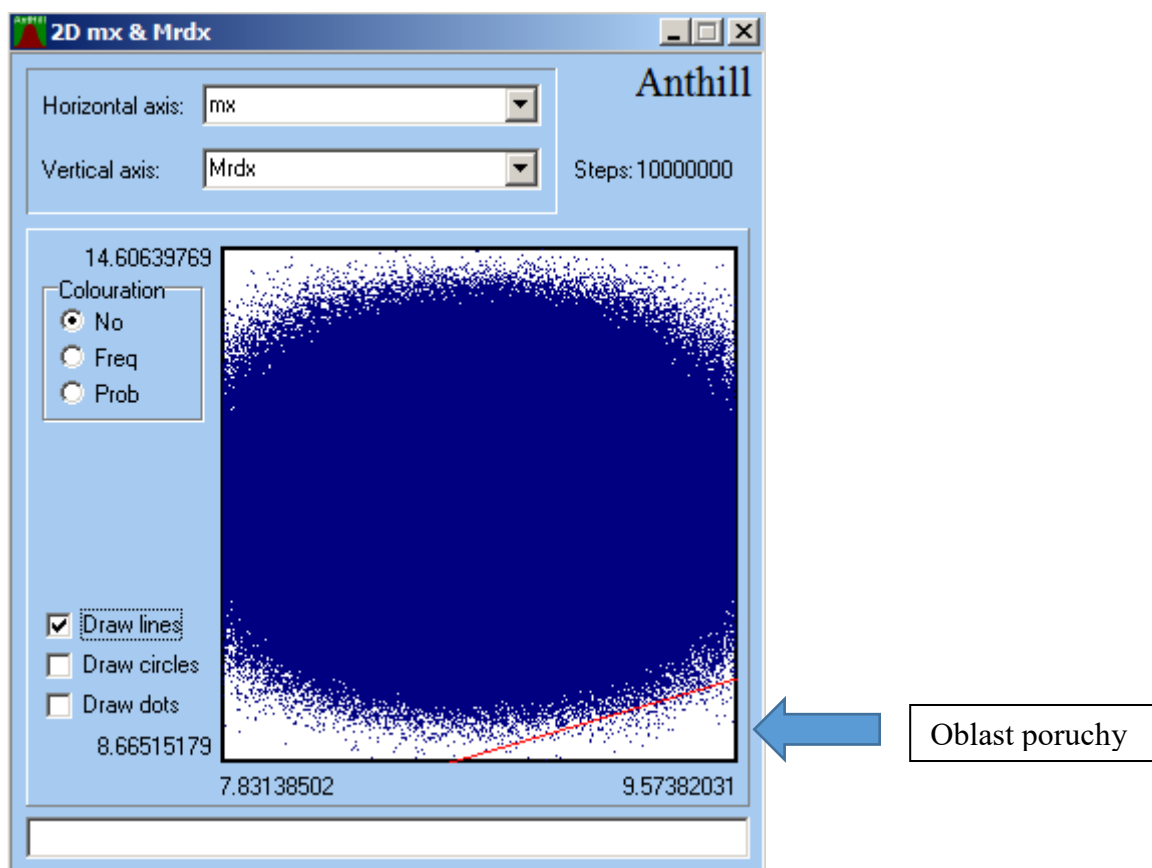
Třída (úroveň) spolehlivosti	Minimální hodnoty β		p_d
	referenční doba 1 rok	referenční doba 50 let	
RC3 (velké důsledky)	5,2	4,3	$8,4 \cdot 10^{-6}$
RC2 (střední důsledky)	4,7	3,8	$7,2 \cdot 10^{-5}$
RC1 (malé důsledky)	4,2	3,3	$4,8 \cdot 10^{-4}$

Obrázek 25: Třídy spolehlivosti

$$p_f = \frac{N_f}{N} \leq p_d \quad (4.59)$$

$$1,782 \times 10^{-5} \leq 7,2 \times 10^{-5}$$

Podmínka vyhoví



Obrázek 26: 2D graf s oblastí poruchy

Tabulka 4.13 - Porovnání hmotností vyztuží

	Výztuž	Ks	Délka [mm]	Hmotnost [kg]	Rozdíl [kg]
Deterministicky	Ø14/150	15	6100	101,42	30,08
Pravděpodobnostně	Ø10/120	19	6100	71,34	

5 Závěr

V rámci této bakalářské práce byl proveden statický posudek vybraných železobetonových prvků montované konstrukce vícegeneračního rodinného domu.

V první části byla sepsána krátká technická zpráva. Následoval teoretický základ o montovaných konstrukcích, kde byly popsány styky a konstrukční systémy montovaných staveb a také výhody a nevýhody prefabrikace dílců. Jelikož se tato práce zabývá panelovou montovanou konstrukcí, byla práce doplněna o konstrukční uspořádání těchto soustav a jejich statické působení.

Ve druhé části této práce byly vypočteny hodnoty stálého a užitného zatížení, zatížení větrem a sněhem. Byl vytvořen 3D model konstrukce, ze kterého byly získány vnitřní síly. Na hodnoty vnitřních sil pak byly dimenzovány vybrané nosné konstrukce – filigránová stropní deska a schodiště a to na mezní stav únosnosti podle metody mezní rovnováhy. Dimenzování filigránové desky bylo provedeno ve třech montážních stavech. Následně byly ověřeny konstrukční zásady u obou posuzovaných prvků.

Ve třetí části byl proveden pravděpodobnostní posudek filigránové stropní desky. Pravděpodobnostní návrh je mírnější než deterministický, protože počítá s charakteristickými hodnotami meze kluzu oceli a pevností betonu v tlaku, které jsou navíc vyjádřeny histogramem. Na jedné filigránové desce lze ušetřit pravděpodobnostním výpočtem až 30 kg hlavní nosné tahové výztuže oproti výpočtu deterministickému.

Součástí této bakalářské práce jsou taktéž výkresy půdorysů a řezů, výkresy tvaru a výztuže stropní desky, schodiště a stěny.

Vypracování bakalářské práce bylo pro autora velkým přínosem, protože si prohloubil zkušenosti s modelováním konstrukcí ve výpočetním programu SCIA Engineer a získal větší přehled o montovaných konstrukcích, kterým by se chtěl věnovat i po ukončení studia.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi jakoukoliv cestou pomohli při tvorbě této bakalářské práce. Zejména pak Ing. Martině Šmirákové, Ph.D. za cenné rady a vstřícný přístup během vypracování této práce. Dále pak Ing. Pavlíně Matečkové, Ph.D. za zastoupení mé vedoucí v době její nepřítomnosti.

6 Seznam obrázků

Obrázek 1: Příčný systém.....	14
Obrázek 2: Podélný systém	14
Obrázek 3: Obousměrný systém	14
Obrázek 4: Podélný vítr na svislé stěně	21
Obrázek 5: Příčný vítr na svislé stěně	22
Obrázek 6: Podélný vítr na ploché střeše	22
Obrázek 7: Příčný vítr na ploché střeše.....	23
Obrázek 8: Vymodelovaná 3D konstrukce ve Scii	25
Obrázek 9: Obálka maximálních momentů na desce	25
Obrázek 10: Obálka minimálních momentů na desce.....	26
Obrázek 11: Obálka maximálních momentů na schodišti.....	26
Obrázek 12: Obálka minimálních momentů na schodišti	27
Obrázek 13: Minimální hodnoty krytí výztuže	28
Obrázek 14: Schéma metody mezní rovnováhy.....	29
Obrázek 15: Pevnosti v tlaku betonu [7].....	43
Obrázek 16: Meze kluzu oceli [7]	43
Obrázek 17: Zadání proměnných	44
Obrázek 18: Histogram pevnosti betonu v tlaku	44
Obrázek 19: Histogram meze kluzu oceli	44
Obrázek 20: Histogram tloušťky desky.....	45
Obrázek 21: Histogram stálého zatížení.....	45
Obrázek 22: Rovnice	46
Obrázek 23: Histogram funkce spolehlivosti	46
Obrázek 24: Histogram funkce spolehlivosti (2. návrh)	47
Obrázek 25: Třídy spolehlivosti.....	47
Obrázek 26: 2D graf s oblastí poruchy.....	48

7 Seznam tabulek

Tabulka 4.1 - Skladba podlahy - přízemí, zádveří	16
Tabulka 4.2 - Skladba podlahy - přízemí, koupelna.....	16
Tabulka 4.3 - Skladba podlahy - přízemí, pokoj, ložnice	17
Tabulka 4.4 - Skladba podlahy - patro, chodba.....	17
Tabulka 4.5 - Skladba podlahy - patro, koupelna	17
Tabulka 4.6 - Skladba podlahy - patro, pokoj, ložnice, šatna	18
Tabulka 4.7 - Skladba ploché střechy	18
Tabulka 4.8 - Skladba schodiště.....	18
Tabulka 4.9 - Skladba vnějších stěn.....	18
Tabulka 4.10 - Zatížení užitná.....	19
Tabulka 4.11 - Zatížení filigránové desky (1. montážní stav)	28
Tabulka 4.12 - Zatížení filigránové desky (2. montážní stav)	30
Tabulka 4.13 - Porovnání hmotností vyztuží	48

8 Použitá literatura

- [1] ČSN EN 1992 – 1 - 1: *Navrhování betonových konstrukcí – Obecně - Část 1 – 1: Obecná pravidla pro pozemní a inženýrské stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [2] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. ČNI, Březen 2004.
- [3] ČSN EN 1991 – 1 – 1 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Část 1 – 1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. ČNI, Březen 2004.
- [4] ČSN EN 1991 – 1 – 3 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Část 1 – 3: Zatížení sněhem*. ČNI, Červen 2005
- [5] ČSN EN 1991 – 1 – 4 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Část 1 – 4: Zatížení větrem*. ČNI, Květen 2005.
- [6] BAŽANT, Z., KLUSÁČEK, L., MELOUN, V.: *Betonové konstrukce IV. Montované konstrukce pozemních staveb*, VUT, Brno, 2003.
- [7] SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Histogramy materiálových charakteristik pro pravděpodobnostní posuzování mostů*. Praha, Duben 2007.

9 Použité výpočtové a grafické programy

SCIA Engineer 16.1 (studentská verze)

AutoCAD 2016 (studentská verze)

Microsoft Office 2016

AntHill (studentská verze)

10 Seznam příloh

Příloha č. 1: Půdorys 1NP, M1:50

Příloha č. 2: Půdorys 2NP, M1:50

Příloha č. 3: Řezy, M:1:50

Příloha č. 4: Základy, M1:50

Příloha č. 5: Schéma umístění prvků v 1NP, M1:50

Příloha č. 6: Schéma umístění prvků v 2NP, M1:50

Příloha č. 7: Filigránová stropní deska F2, M1:25

Příloha č. 8: Schodiště, M1:25

Příloha č. 9: Stěnový panel ST9, M1:25